

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ АСУТП АВИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИХ РАБОТ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ

Алтынбаев Р.Б.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

С целью повышения эффективности производства агропромышленного комплекса проводятся авиационно-химические работы (АХР), под которыми понимается защита растений от вредителей и болезней, внесение минеральных удобрений, борьба с сорной растительностью, дефолиация (удаление листьев) и десикация (ускорение созревания) сельскохозяйственных культур и лесных насаждений с помощью самолётов и вертолётов, оборудованных аппаратурой для опрыскивания жидкими химикатами или для разбрасывания удобрений и опыления сыпучими химикатами.

АХР проводятся в ограниченные сроки, лимитируемые метеорологическими и агротехническими условиями. В России для АХР используются лёгкие самолёты (Ан-2 и другие) и вертолёты (Ми-2, Ка-26 и другие) сельскохозяйственной авиации. АХР проводятся на малых высотах (от 5 до 50 метров), как правило, рано утром (до появления восходящих потоков воздуха и усиления ветра) и вечером (с момента прекращения указанных явлений) [1].

Авиационный способ химической защиты растений имеет целый ряд преимуществ перед наземным способом. К примеру, производительность самолёта Ан-2 на внесении удобрений под вспашку в 3–4 раза, а на подкормке зерновых культур – в 5–6 раз выше производительности наземной техники. При хорошей организации работы самолёт Ан-2 может внести в течение одной минуты удобрения на площади в один гектар. Туковой сеялкой СТН-28 за это же время их можно внести на площади в 0,035 гектара. Кроме этого, АХР позволяет провести обработку участков в сжатые и наиболее оптимальные сроки; при выполнении АХР отсутствуют механическое повреждение растений и уплотнение почвы (колёса наземной техники уничтожает до 8 % растений), имеется возможность использования ультрамалообъёмного опрыскивания, а также способность выполнять работы при любом состоянии почвы. Стоит отметить высокую точность нормы расхода и равномерность распределения вносимых веществ, в том числе и в малых дозах [2].

К сожалению, в настоящее время можно отметить крайне малую степень автоматизации технологического процесса АХР. До сих пор используются в качестве ориентира для выхода на очередной гон наземных сигнальщиков.

Целевой функцией системы управления технологическим процессом АХР является определение эффективной траектории движения воздушного судна и её выдерживание [3].

Функциональная схема проектируемой автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) авиационно-химических работ представлена на рисунке 1.

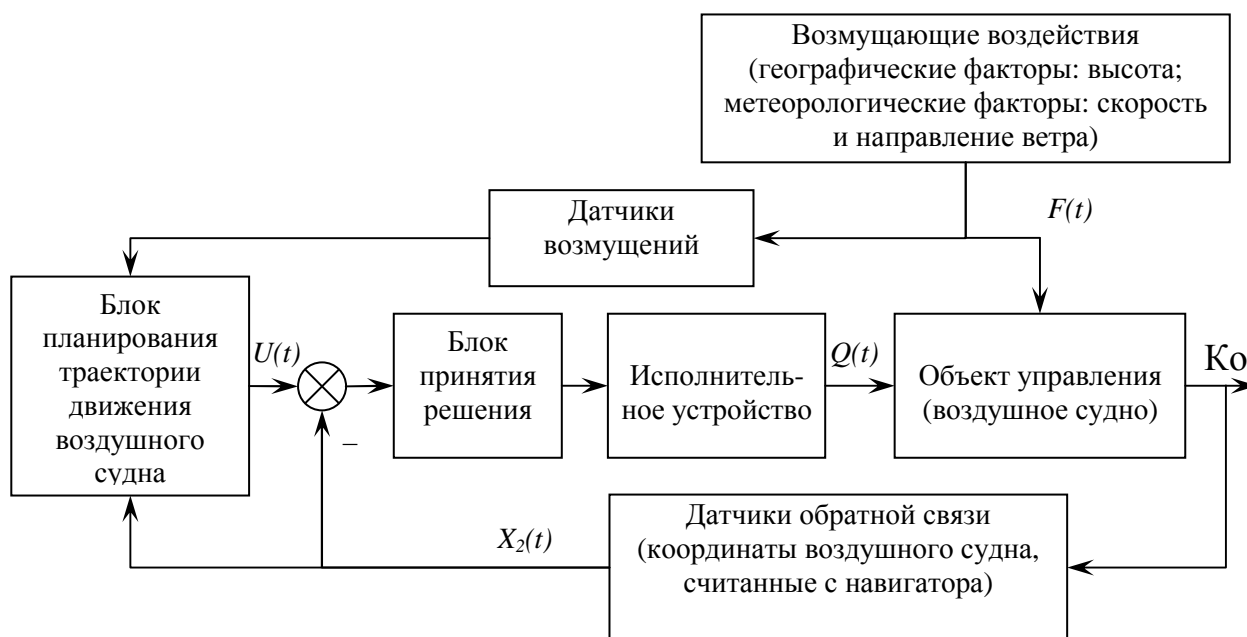


Рисунок 1 – Функциональная схема АСУТП авиационно-химических работ

АСУТП авиационно-химических работ ориентирована на использование двухмерной оцифрованной карты, поэтому данные, поступающие от датчика высоты – высотомера, отнесены к информации о возмущениях.

При использовании оцифрованной карты, полученной на основе трёхмерной модели подстилающей поверхности, необходимо данные о высоте передавать по цепи обратной связи на сравнивающее устройство наряду с координатами.

Информация об отклонениях, превышающие допустимые, через датчики обратной связи в виде координат воздушного судна, считанных с навигатора  $X(t)$ , поступает на сравнивающее устройство параллельно с данными о заданной траектории движения. При наличии значительных отклонений сравнивающее и исполнительное устройства формируют управляющее воздействие  $Q(t)$  на бортовой компьютер воздушного судна для корректировки курса.

Наряду с данными о координатах воздушного судна  $X_2(t)$ , поступающих по цепи обратной связи, на систему управления воздействуют возмущения, представленные информацией с датчиков о возмущениях  $F(t)$ , включающих: географические факторы – высоту; метеорологические факторы - скорость и направление ветра. Информация о возмущающих воздействиях через специальные датчики поступает в блок планирования траектории движения воздушного судна. Также в этот блок поступает информация о текущих координатах воздушного судна и далее происходит новый расчёт траектории движения воздушного судна.

Для расчёта надёжности разрабатываемой АСУТП авиационно-химических работ с помощью точных аналитических методов затруднён, так как система обладает сложной структурой, и существуют большие погрешности показателей надёжности элементов этой системы.

Одним из возможных способов решения этой проблемы является создание приближённых аналитических методов и компьютерных технологий решения задач надёжности.

Допустим, что справедлив экспоненциальный закон распределения времени до отказа и времени восстановления элементов АСУТП. Это правомерно по следующим причинам:

– в настоящее время отсутствуют статистические данные о законах распределения времени до отказа элементов электроники и механики, неизвестны не только их параметры, но даже вид закона. В случае экспоненциального закона распределения данные об интенсивностях отказов элементов АСУТП получить значительно легче, особенно по данным эксплуатации;

– методы анализа надёжности технических систем при постоянных интенсивностях отказов элементов в теории надёжности хорошо разработаны;

– время безотказной работы любой технической системы во много раз больше времени её восстановления, поэтому в этом случае вид закона распределения времени восстановления и дисциплина обслуживания слабо влияют на значения показателей надёжности;

– если не учитывать периода приработки техники после её изготовления, то интенсивность её отказов при любом законе распределения времени до отказа является возрастающей функцией.

Основной информацией для формирования управляющего алгоритма блока планирования траектории движения воздушного судна являются данные с датчиков возмущений и датчиков обратной связи. Обозначим их через  $D_e$  и  $D_{oc}$  соответственно.

Вероятность безотказной работы определяется как вероятность того, что в пределах заданной наработки или заданном интервале времени отказ объекта не возникает, т.е. вероятности безотказной работы датчиков будем обозначать через  $P(D_e)$  и  $P(D_{oc})$ .

В случае, если проектируемая АСУТП не будет удовлетворять заданным показателям надёжности, то применяют структурное резервирование, а именно резерв замещением. При этой модели расчёта надёжности зачастую не учитывают влияние переключающих устройств, поэтому значения показателей надёжности, например, вероятность безотказной работы или коэффициент готовности, бывают неоправданно завышенными. В действительности время подключения резервных элементов может оказать существенное влияние на надёжность АСУТП, что необходимо учитывать при их проектировании. Существующие в настоящее время методы оценки надёжности систем при наличии переключающих устройств, как правило, обладают следующими недостатками: пригодны только для систем, состоящих из сравнительно небольшого числа элементов; время переключения на резерв обычно считается постоянным; методы являются эвристическими и не позволяют указать оценку погрешности [4].

Предположим, что в АСУТП имеется один основной датчик возмущений  $D_e$  и  $m$  резервных датчиков, пребывающих в ненагруженном состоянии. Все

датчики будем считать равнонадёжными. При отказе основного датчика он заменяется резервным не сразу, а через случайное время  $Z$ . Это время может быть также и постоянным, если его плотность является  $\delta$ -функцией Дирака. Необходимо проанализировать надёжность АСУТП в случае абсолютно надёжного переключателя и в случае, когда переключатель может отказывать. В последнем случае в процессе включения в работу резервного датчика сам переключатель может отказать. Время безотказной работы переключателя  $Y$  является произвольным с некой плотностью распределения. Время ремонта переключателя тоже имеет произвольное распределение с некой плотностью распределения. На время переключения на резерв может приходиться, вообще говоря, несколько циклов исправной работы и ремонта переключателя. При этом после очередного ремонта переключателя возможны две ситуации: прошедшее время переключения на резерв «забывается», и включение резервного датчика может произойти при условии  $Y > Z$  на некотором интервале исправной работы переключателя; прошедшее время переключения на резерв накапливается.

С течением времени в АСУТП могут происходить какие-либо внутренние или внешние изменения, влияющие на длительность её жизни. Внешние изменения связаны, как правило, с изменением эксплуатации резервированной системы, когда отказы одних элементов вызывают изменения нагрузки на другие элементы системы. При этом моменты времени, когда меняется нагрузка, могут быть детерминированными, так и случайными. Поэтому поведение системы после произошедшего изменения её нагрузки заранее может быть не известно, так как оно зависит от моментов времени изменения нагрузки. С математической точки зрения это может означать, что с течением времени в системе изменяется закон распределения времени жизни системы. В таком случае будем говорить, что система имеет переменный закон распределения времени безотказной работы.

Таким образом, анализ надёжности АСУТП авиационно-химических работ на этапе разработки представляет собой сложную научно-техническую задачу, что требует глубокого изучения теории надёжности и серьёзных научных исследований в этой области.

#### *Список литературы*

- 1. Бондаренко, В. А. Инновационные процессы в авиационно-химических работах – экологический аспект / В. А. Бондаренко [и др.] – Оренбург: ОГУ, 1998. – 200 с.*
- 2. Назаров, В. А. Применение авиации в сельском и лесном хозяйстве / В. А. Назаров [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1975. – 312 с.*
- 3. Алтынбаев, Р. Б. Повышение точности расчёта времени выполнения авиационных работ по распределению веществ и биологических объектов / Р. Б. Алтынбаев, С. Г. Хибатуллин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление». – 2010. – № 5. ISSN 1994-2354.*

4. Половко, А.М. Основы теории надёжности /А.М. Половко, С.В. Гуров // СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с. ISBN 5-94157-541-6.